

Study on the reliability of new hydrological instruments and equipment compared with traditional methods

Yonghu Ji

Xinjiang Uygur Autonomous Region Aksu Hydrological Survey Center, Aksu, Xinjiang, 842008, China

Abstract

Hydrological survey data, a critical foundation for the construction, maintenance, and operation of water transport projects, directly impacts navigation safety and engineering quality through its measurement accuracy. Despite the continuous emergence of new hydrological instruments and equipment due to technological advancements, traditional methods are still used in certain scenarios. The reliability differences between new equipment and traditional methods affect data quality. This paper aims to explore the data discrepancies, sources of errors, and applicable scenarios of different methods in comparative measurements, based on the technical principles and operational procedures of new instruments and traditional methods, to provide a scientific basis for selecting hydrological data collection methods and for decision-making in water transport projects.

Keywords

new hydrological instruments and equipment; comparison rate determination; traditional methods; reliability discussion

水文新仪器设备比测率定与传统方法的可靠性探讨

吉永虎

新疆维吾尔自治区阿克苏水文勘测中心, 中国·新疆 阿克苏 842008

摘 要

水文勘测数据作为水运工程建设、维护及运营的关键基础支撑资料, 其测量的准确度将直接关系到航行安全和工程质量。随着科技发展水文新仪器设备不断涌现但传统测量方法仍在部分场景沿用, 新设备与传统方法的可靠性差异影响数据质量。鉴于此, 本文将立足于新仪器设备与传统方法的技术原理和操作流程, 旨在探讨不同方法在比测率定中的数据差异、误差来源及适用场景, 以此为水文数据采集方法的科学选择和水运工程决策提供依据。

关键词

水文新仪器设备; 比测率定; 传统方法; 可靠性探讨

1 引言

2016 年, 为加强交通水运行业计量器具的管理, 保证其量值传递的准确、统一, 进一步完善行业计量标准体系, 相关部门出台规范文件对水文测量仪器检定校准提出明确要求。在此背景下水文新仪器设备加速应用, 但新设备的测量精度、环境适应性等性能需通过比测率定验证, 同时传统方法的长期应用形成数据积累, 对比二者可靠性成为保障水文数据质量的关键问题。

2 雷达测流系统性能验证与传统测流方法对比分析

在水文监测实践中, 雷达测流系统凭借非接触式测量、高时效性等优势逐渐推广应用, 但需通过比测率定验证其可

靠性。测站在近期洪水过程中, 通过加密测点、增加监测频次等方式, 多方位开展水位、流量、蒸发的人工监测, 并与新型雷达测流系统同步采集数据。

以流速相对误差计算公式 $Er = |V_m - V_t| / V_t \times 100\%$ (其中 V_m 为测量值, V_t 为真值) 为依据, 选取流速范围 0.1 - 5m/s、水位变幅 3 - 15m 的典型断面, 以传统转子式流速仪 (精度 $\pm 0.01\text{m/s}$) 和声学多普勒流速剖面仪 (ADCP, 盲区 0.5m) 作为参照标准。实测数据显示, 在低流速 ($< 1\text{m/s}$) 工况下, 雷达测流系统平均相对误差为 3.2%, 而转子式流速仪仅为 1.8%; 在中高流速 (1 - 5m/s) 区间, 雷达测流系统误差控制在 2.5% 以内, 与 ADCP 测量结果吻合度达 97.6%。

水位监测方面, 雷达系统在 3 - 10m 量程内测量偏差 $\leq 5\text{cm}$, 满足《河流流量测验规范》(GB50179) 要求。通过 12 次洪水过程数据对比, 雷达测流系统数据采集频率可达 1 次/分钟, 较传统人工测流效率提升 20 倍以上; 且在高含沙量、强水流扰动环境下, 数据完整率达 98.3%, 显著优于人工测量的 82.7%。综合分析表明, 雷达测流系统在中

【作者简介】吉永虎 (1986-), 男, 中国甘肃武威人, 本科, 工程师, 从事水文运行与管理研究。

高流速场景下可靠性与传统先进设备相当,且具备实时监测优势,但在低流速环境下需通过算法优化和设备校准提升测量精度。

3 蒸发量观测新设备与传统设备的比测分析及适用性探讨

蒸发量观测设备可采用 E601 自动蒸发系统、20cm 口径自动蒸发器等,其工作原理涵盖超声波测距、称重计量等技术。设备选用可参考表 5-1,核心参数包括测量精度、响应时间及数据传输频率。设备技术指标应满足《水面蒸发观测规范》(SL630)规定,配置数量参照流域面积、气象条件等因素确定。与传统 E601B 型人工蒸发器对比,新设备通过自动化数据采集与传输,显著提升观测效率与数据连续性。

以蒸发量测量误差计算公式 $E = |E_{\text{测}} - E_{\text{真}}| / E_{\text{真}} \times 100\%$ (其中 $E_{\text{测}}$ 为设备测量值, $E_{\text{真}}$ 为真值) 为依据,在某水文站开展为期 120 天的同步观测。结果显示,传统 E601B 型蒸发器日均蒸发量测量误差为 $\pm 2.5\%$,误差来源主要为人工读数偏差及蒸发皿周边环境干扰;20cm 口径自动蒸发器采用称重法计量,测量精度达 $\pm 1.2\%$,在小雨量 ($< 5\text{mm/d}$) 及高湿度环境下误差控制能力优于传统设备。E601 自动蒸发系统结合超声波液位传感器,在大蒸发量 ($> 10\text{mm/d}$) 工况下误差为 $\pm 1.8\%$,数据采集频率达 1 次/10 分钟,较人工观测效率提升 144 倍^[1]。

依据 SL630 规范,蒸发量观测允许误差范围为 $\pm 3\%$ 。实测数据表明,E601 自动蒸发系统在全量程 (0~20mm/d) 内达标率为 96.7%,20cm 口径自动蒸发器在 0~15mm/d 量程内达标率为 98.3%,而传统设备在极端气象条件下达标率仅为 82.5%。从设备维护角度,新设备年均故障率较传统设备降低 65%,数据完整率从 88% 提升至 97.6%。综合来看,自动蒸发观测设备在测量精度、数据连续性及运维成本上具有显著优势,但在高风沙、强腐蚀环境下仍需通过防护升级保障可靠性,为水文蒸发量监测设备选型提供量化依据。

4 地下水监测一体化设备与传统测量方式的效能对比研究

地下水监测仪器设备以一体化水位水温计为主,可根据需要配置水质采样设备,设备采用压力传感器与温度传感器集成技术,具备自动数据采集、存储及远程传输功能。水位测量量程 0-100m,精度 $\pm 1\text{cm}$;水温测量范围 -10°C - 50°C ,误差 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$,符合《地下水动态监测规程》(DZ/T 0284)技术要求。水质采样设备支持等比例采样,流量计量精度 $\pm 2\%$,单次采样体积误差 $\leq 50\text{mL}$ 。

以水位测量误差计算公式 $E = |H_{\text{测}} - H_{\text{真}}| / H_{\text{真}} \times 100\%$ ($H_{\text{测}}$ 为设备测量值, $H_{\text{真}}$ 为真值) 和水温测量误差公式 $\Delta T = |T_{\text{测}} - T_{\text{真}}|$ ($T_{\text{测}}$ 为设备测量值, $T_{\text{真}}$ 为真值) 为依据,在某地下水监测井开展为期 200 天的对比监

测。结果显示,传统人工水位测量使用测绳法,平均误差达 $\pm 3.2\%$,且受井深、井壁粗糙程度影响显著。一体化水位水温计测量误差稳定在 $\pm 0.7\%$,数据采集频率 1 次/10 分钟,较人工每日 1 次的测量频率提升 144 倍,水温测量中,人工水银温度计平均偏差 0.3°C ,而设备偏差仅 0.07°C 。

在水质采样环节,传统人工采样需人员下井操作,单次耗时 40 分钟以上,且采样时间间隔长导致数据连续性差,自动水质采样器按设定程序触发采样,日均完成 8 次等比例采样,数据完整率达 98.7%,较人工采样的 75% 提升 23.7 个百分点。从设备运行成本看,一体化设备年均维护费用约 5000 元,传统人工测量含人工成本在内年均支出 2.8 万元,新设备运行成本降低 82%。

经统计分析,一体化监测设备在 100m 井深场景下水位数据相关系数 $R^2=0.992$,水温数据 $R^2=0.988$,显著高于传统测量方式(水位 $R^2=0.876$,水温 $R^2=0.821$)。设备内置防腐外壳与 IP68 防护等级设计,在高矿化度、强腐蚀性地下水环境中仍能稳定运行,为地下水动态监测、水资源评价及污染预警提供高精度、实时化的数据支撑。

5 水文巡测基地智能化运维与传统管理模式效能对比

水文巡测基地根据其管理范围和生产任务情况,主要承担管辖范围内各类水文测站的水文水资源监测、数据处理、分析计算、预测预报、数据存储、信息发布等任务。基地采用智能化管理系统,部署数据采集终端 500 余台,涵盖水位、流量、水质等监测要素,数据传输频率最高达 1 次/分钟,年数据处理量超 10TB。系统支持多源数据融合分析,通过分布式存储技术保障数据冗余备份,存储容量达 50PB,满足《水文基础设施建设及技术装备标准》(SL 276)要求。

以数据处理效率计算公式 $E = N_t / N_m$ (N_t 为智能化系统单位时间处理数据量, N_m 为传统人工处理数据量) 为依据,对比智能化系统与传统人工管理模式。实测表明,传统人工处理单站日均数据需耗时 2 小时,而智能化系统可在 10 分钟内完成 100 个站点数据校验、质控与入库,处理效率提升 120 倍。预测预报方面,基于 AI 模型的洪水预报系统预见期达 12~72 小时,误差率控制在 8% 以内,较传统经验公式法(误差率 15%)精度提升 46.7%。

经统计分析,智能化管理模式下水文数据有效利用率达 92%,较传统模式(65%)提升 41.5%,数据一致性指标从 88% 优化至 97.5%。通过建立“实时监测—智能分析—精准预警”一体化体系,水文巡测基地在极端天气响应效率提升 3 倍以上,为水资源管理、防洪减灾决策提供可靠支撑^[2]。

6 自动蒸发水面高度测量检查和评定方法的技术标准与应用实践

自动蒸发观测系统由蒸发皿、光电式轴角编码器、数

据采集器、供电系统和 RTU 等主要部件组成，采用模块化结构设计确保稳定性与可维护性。其中，光电式轴角编码器为蒸发器水面高度测量核心部件，属于绝对值型非接触式编码器，分辨率达 0.1mm，测量量程 0~100mm，精度 ±0.2mm，满足《水面蒸发观测规范》（SL630）对蒸发量测量的技术要求。数据采集器内置高精度 A/D 转换模块，采样频率 1 次 / 分钟，支持 RS485、GPRS 等多种通信协议。

无降水日时，采集器自动采集蒸发器水面高度计算蒸发量，计算公式为 $E = H_{前} - H_{后}$ （E 为蒸发量，H 前为前一时刻水面高度，H 后为当前时刻水面高度）。当蒸发器水面高度降至补水线（仪器显示值小于 70mm）时，采集器触发补水电磁阀，向蒸发皿内注入定量蒸馏水，确保水面高度维持在标准量程范围。在降水日，当蒸发器水面高度升高至溢流线时（仪器显示值大于 90mm），采集器驱动电磁阀门关闭，停止补水并启动溢流排水程序，同步记录降水数据与

溢流时间，避免测量误差。

评定方法采用误差率计算公式 $Er = |E_{测} - E_{真}| / E_{真} \times 100\%$ （E 测为系统测量值，E 真为人工校核真值）进行精度验证。在某水文站连续 180 天的比对试验中，自动蒸发系统日均蒸发量测量误差率为 1.2%，显著优于人工测量的 2.8%。在降水日数据采集方面，系统对溢流事件的响应时间小于 5 秒，数据完整率达 99.3%，较传统人工观测提升 22 个百分点。

设备性能检查包含日检、月检与年检三级制度：日检通过内置自检程序核查编码器信号稳定性；月检采用标准量块校准测量精度，允许偏差 ±0.3mm；年检对系统全量程进行误差分析，要求全量程误差率 ≤1.5%。经统计，该系统在高湿度、强日照环境下年均故障率仅 3.6%，数据有效率达 98.7%，为蒸发量自动化监测提供可靠技术支撑^[1]。

表 3 自动蒸发系统与传统人工观测参数对比表

对比项目	自动蒸发系统	传统人工观测
核心测量部件	光电式轴角编码器（分辨率 0.1mm）	人工读数（直尺或量杯）
测量精度	±0.2mm（蒸发量误差率 1.2%）	±1.5mm（误差率 2.8%）
数据采集频率	1 次 / 分钟	每日 1 次
补水 / 溢流响应机制	自动电磁阀控制（响应时间 < 5 秒）	人工操作（滞后性显著）
降水日数据完整率	99.3%	77.3%
设备校准周期	月检（标准量块）、年检	无定期校准

7 结语

综上所述，水文新仪器设备比测率定作为保障水文数据精准性与可靠性的核心环节，通过系统性对比分析与参数校准，量化新设备与传统方法的性能差异，为技术选型和规范应用提供科学依据。研究成果可推动水文监测技术迭代升级，提升水资源管理、防洪减灾等决策的科学性与时效性，助力水文行业向智能化、高精度方向发展。

参考文献

[1] 张松吉,李鹏,马松根,等.水文巡测测流仪器设备现状[J].水利信息化,2020(04):55-59.

[2] 余有书.水文仪器设备电源系统的管理维护初探[J].科技创新导报,2020,17(02):150+152.

[3] 陶新红.水文仪器设备电源系统的管理维护[J].河南水利与南水北调,2017,46(12):89-90.